



TITLE:

# 新設研究室紹介

AUTHOR(S):

---

CITATION:

新設研究室紹介. Cue 2008, 19: 12-15

ISSUE DATE:

2008-03

URL:

<https://doi.org/10.14989/57933>

RIGHT:

## 新設研究室紹介

電子工学専攻 量子機能工学講座 光材料物性工学分野（川上研究室）

<http://www.optomater.kuee.kyoto-u.ac.jp/>

「次世代固体照明デバイス ～究極のテラレーメイド光源を目指して～」

私たちの研究室では、光と物質との相互作用に基づく新物性の発現と解明、さらには、それを利用した新しい光デバイスや光応用への展開を推進しています。

具体的には、以下のようなテーマが、挙げられます。

### （１）多波長発光する低次元InGaN微小光源の開発

ナノ構造の人為形成や発光遷移過程の制御によって発光スペクトルの任意合成によるテラレーメイド微小光源を開発することを目指しています。この研究は、微細加工基板への有機金属気相成長において、三次元マイクロ結晶面からの強い発光を観測したことに端を発しており、新たに見出した半極性面上のInGaN量子井戸においては、ピエゾ電界が抑制されているため、可視全域で高効率発光が可能であることを実証しました。さらに、ごく最近、各結晶面からの多波長発光を積極的に利用したパステルカラーや蛍光体フリー白色発光ダイオード（LED）の開発にも成功しています。

### （２）光ダイナミクス計測による光物性の探求

光材料における機能性は、ナノ局在中心と呼ばれる微細な領域に局在する励起子などキャリアの高速な再結合過程を経て発生します。このような光機能性を評価するために、近接場光学顕微鏡を用いた時間分解発光マッピング装置を開発し、30nmの空間分解能と10psの時間分解能を実現しました。その結果、窒化物半導体の発光および非発光の再結合ダイナミクスが手に取るように分かるようになりました。さらに、近接場マルチプロブ技術や超短パルスレーザを用いた高速非線形光学分光などにも取り組んでいます。

### （３）光によるバイオセンシング

近接場ファイバースコープによる生きた細胞の脈動や細胞間の協調現象を観測しその機能を探求しています。また抗原反応計測などバイオ光計測において、従来の単一プラズモン共鳴条件だけでなく多重・全反射条件付近で非常に高い検出感度が得られることを見出しました。それらアイデアを特許化するとともに企業と共同で製品化を目指しています。

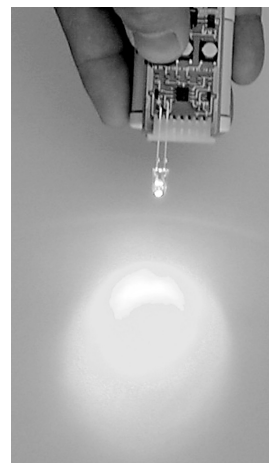
### （４）白色LEDゴーグルの特許化・製品化とVB起業

手術開発用の白色LEDゴーグルライトや白色LEDモジュールの照明应用を目指して活動してきました。2005年にはベンチャー企業を起業しました。清水寺の仁王像、秘仏、三重塔へのLED照明装置を納品し、夜間拝観の際に一般公開され高い評価を受けています。

上記の（１）～（４）は、個別なテーマのように見えますが、相互に依存しています。例えば、（１）は、ナノ構造制御によって任意の色、任意の大きさ、任意の場所において、効率100%で発光する究極の光材料の開発を目指したのですが、基礎光物性を材料開発にポジティブにフィードバックすることが不可欠であり、（２）とも密接にリンクしています。

また、光材料物性の応用の一例として、私たちは、バイオ医療応用では次のような展開が期待できるのではないかと思います。近未来には「ミクロの決死圏」に代表されるマイクロマシンが私たちの体内に入り込む時代が訪れるでしょう。その際には、微小な高品位固体照明と固体撮像デバイスが必ず搭載され、微妙な色合いの差を際立たせるための照明スペクトルのシンセサイズが必要とされるはずです。また、病変部にのみ選択的に取り込まれる蛍光体と固体照明との組み合わせでガン組織の診断・治療を行うなど種々の可能性が期待できるでしょう。その意味で、（１）と（２）は、（３）や（４）とも関連しています。

固体照明は、自動車のヘッドライトなどの一般照明はもとより、マイクロサイズあるいはナノサイズの光源としての可能性を秘めており、それを支える基礎光物性と材料開発、そしてバイオ応用などの研究に日夜取り組んでいます。



半極性基板上に試作した緑色LED

# システム科学専攻 システム情報論講座 画像情報システム分野（石井研究室）

<http://hawaii.sys.i.kyoto-u.ac.jp/>

## 「生命と知性を理解するための融合領域研究」

2007年7月に当分野教授として着任致しました石井です。どうぞよろしくお願い申し上げます。

我々の研究の目的は、「生命」と「知性」を、まわりの環境に応じて自らを作り変える「学習するシステム」としてモデル化することでその原理を理解することです。そのためには、ボトムアップの実験科学のアプローチと、トップダウンの理論的アプローチの両輪を同時に回してゆくことが重要と考えています（図1）。

理論的アプローチによる研究としては、学習システムを計算機上で実現し、また、生命知性システムを観測データに基づき再構成します。こうした研究は、一般に情報理論、機械学習、統計的学習と呼ばれる分野をなしています。理論研究から得られる知見は、多くのシステムに対して応用が可能であり当研究室の基礎をなしています〔1〕。

実験科学的アプローチによる研究対象としては、複雑な学習システムである「脳」があります。脳を構成する視聴覚、運動制御、高次行動決定などの高次システム、あるいは神経細胞の分子生物学的システムの解明を目指した研究を進めています。最近では、計算論的認知心理学の新たな枠組み（図2）を構築し、不確実な状況に置かれた人間の意思決定に脳の前部前頭前野が関わることを明らかにしました〔2〕。

基礎研究のみならず、応用研究にも力を入れています。たとえば低解像度画像を多数集めて高解像度画像を得るベイズ超解像〔3〕、遺伝子発現量と統計的学習に基づく癌診断システム〔4〕などは、学習システムの研究から生まれた成果ですが、産業応用も大いに期待できます。

以上のように、研究対象が複数の研究分野にわたる融合領域にありますことから、複数の研究者、学生によるプロジェクトチームを有機的に組織してゆくことが不可欠です。その中で私が最も重要と考えておりますことは、チームを担う各人が独自の深い専門性のみならず複数の分野にわたる専門性を同時に持つ研究者として育ち、そうした研究者たちがさらに相互感化反応を起こし続けてゆくことです。「融合領域研究の鍵は人にあり」の原則は、研究の拠点を京都大学に移しましても変わりはありませんし、その原則にしたがえば、深い専門性と広い視野とを併せ持つ次世代の研究者たちが育ってくれるものと信じております。

## 参考文献

- 〔1〕 Hirayama, J., Maeda, S., and Ishii, S. Markov and semi-Markov switching of source appearances for non-stationary independent component analysis. *IEEE Transactions on Neural Networks*, **18** (5), 1326-1342, (2007)
- 〔2〕 Yoshida, W., and Ishii, S. Resolution of uncertainty in prefrontal cortex. *Neuron*, **50** (5), 781-789, (2006)
- 〔3〕 Kanemura, A., Maeda, S., and Ishii, S. Image superresolution under spatially structured noise. *IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT)*, 279-284, (2007)
- 〔4〕 Ohira, M., Oba, S., Nakamura, Y., Isogai, E., Kaneko, S., Hirata, T., Kubo, H., Goto, T., Yamada, S., Yoshida, Y., Ishii, S., and Nakagawara, A. Expression profiling using a tumor-specific cDNA microarray predicts the prognosis of intermediate-risk neuroblastomas. *Cancer Cell*, **7** (4), 337-350, (2005)

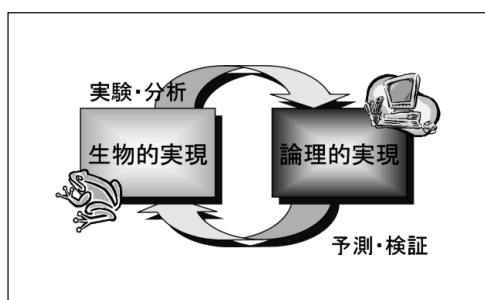


図1. 帰納と演繹の両輪を重視する研究パラダイム

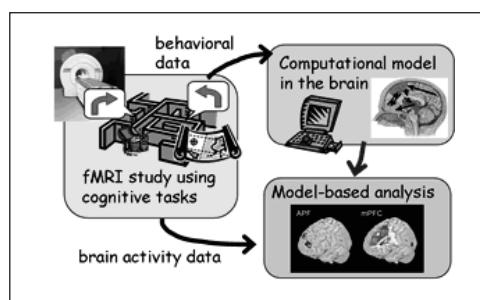


図2. 計算論的認知心理学研究の枠組み

## エネルギー生成研究部門 粒子エネルギー研究分野（長崎研究室）

[http://www.iae.kyoto-u.ac.jp/beam/index\\_j.html](http://www.iae.kyoto-u.ac.jp/beam/index_j.html)

### 「高パワー電磁波と荷電粒子ビームの高度制御に関する先進的研究」

2007年12月に長崎が本講座教授に着任し、増田准教授とともに新しい研究室としてスタートすることになりました。本研究室では、荷電粒子と電磁界との相互作用を高度・高精緻に制御することにより21世紀の人類に計り知れない恩恵をもたらす先進科学技術の開発を目指してゆきます。特に、電磁波によって生成・加熱された核融合プラズマの閉じ込め性能の改善と理解、加熱・電流駆動システムの開発、超小型の核融合装置を用いたエネルギー粒子の発生と利用の研究や、自由電子レーザを代表とする先進量子放射源を実現するための高輝度電子ビームの発生と制御を行うとともに、国内外の研究機関や大学等と研究交流・共同研究を積極的に行ってゆく予定です。

究極のエネルギー源として期待されている核融合炉において、GHz周波数帯の波を利用した波動加熱はプラズマを生成・加熱することに幅広く利用されています。安定した高温プラズマの生成・加熱・電流駆動を行うに当たり、加熱機構の理解と加熱手法の開発は重要な課題として位置付けられています。写真1に示すような高パワーマイクロ波源であるジャイロトロンを用い、電子サイクロトロン共鳴加熱によるプラズマの生成・加熱・電流駆動過程の実験及び理論解析、新古典ティアリングモードなどのMHD不安定性の抑制を進めます。また、kWを超える高パワーマイクロ波源は、コヒーレントな電磁波源として、プラズマ加熱、大型荷電粒子加速器、高品質セラミックス開発等、多岐にわたって応用がなされています。既存の実験装置のみならず、建設中のITER、JT-60SA、球状トーラスにおける主要加熱・電流駆動機器の開発に貢献するとともに、高パワーマイクロ波の応用を展開してゆきます。

核融合反応の結果として生成される陽子や中性子などの粒子は極めて高い運動エネルギーを持ちます。例えば、ヘリウム-3の安定同位体ヘリウム-3と重水素との反応を利用すると、従来は陽子加速器によってしか得られなかった14.7MeVもの高エネルギーの陽子を生成できます。このような反応は僅か百keV程度の運動エネルギーをヘリウム-3や重水素に与えることで生起されます。つまり、核融合エネルギーを利用することで、写真2のような超小型の装置で、印加電圧を遙かに超える高エネルギー陽子を発生させることができます。この装置は、プラズマの慣性静電閉じ込め（IEC）と呼ばれる方式で、我々は、このIEC核融合そのものの研究と並行して、中性子や陽子などの粒子源としての応用の研究も進めてゆきます。

高エネルギー電子ビームを用いることによって、従来のレーザ等にはない機能、波長領域、強度の新しい放射源が実現します。例えば、『夢の光源』と呼ばれる自由電子レーザ（FEL）は、電子ビームから放出される電磁波の相対論的ドップラーシフトを利用することで、波長が連続的に可変、熱損失がない（高効率・大出力）という特長を有します。我々は40MeVの電子ビーム生成と中赤外域FEL発振に成功しており、また、FELをはじめとする新量子放射光源の性能の鍵を握る高輝度電子銃の研究においても我々は世界をリードする成果を挙げています。

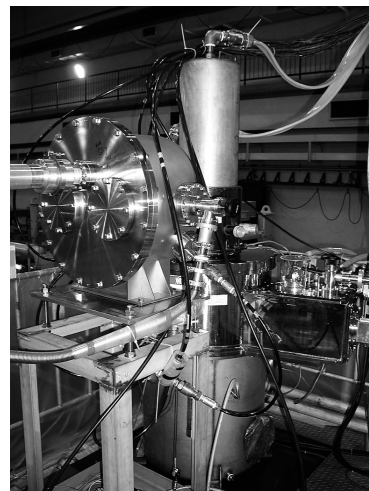


写真1. 高パワーマイクロ波源ジャイロトロン

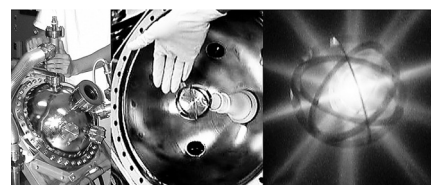


写真2. 慣性静電閉じ込め核融合装置



情報学研究科 通信情報システム専攻 地球電波工学講座 リモートセンシング工学分野  
 生存圏研究所 中核研究部 診断統御研究系 レーダー大気圏科学分野（山本研究室）  
<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/labs/yamamoto-lab/>  
 「電離圏F領域－E領域相互作用に関する観測キャンペーンFERIX」

平成19年4月に教授に着任いたしました山本衛です。本分野は以前より、大気レーダーを中心としたリモートセンシング技術の開発と、それを用いた広範な地球大気の研究を推進してきました。生存圏研究所は滋賀県甲賀市信楽町にMUレーダー、インドネシア共和国西スマトラ州に赤道大気レーダー（Equatorial Atmosphere Radar; EAR）を有しており、両方を全国・国際共同利用に供しています。本分野はこれらの事業推進に密接に関わりつつ、国内外の研究者と幅広い共同研究を推進しています。一方、本分野における現在の研究テーマは、大まかには、（1）超高層大気（電離圏）、（2）赤道を中心とする大気力学、（3）大気レーダーを初めとするリモートセンシング観測機器や手法の開発、に分類されます。今回は、このうち（1）に関して、本年度に実施した観測を紹介いたします。

電離圏E領域（高度100～120km）、F領域（高度200～400km）においては、沿磁力線イレギュラリティ（Field aligned irregularities; FAI）と呼ばれるプラズマ不安定構造が発生します。これらは電波伝搬に影響を与えることから、最近では例えば、GPS測位の劣化要因と懸念されています。一方、電離圏では磁力線並行方向の導電率が高く、電場がほとんど減衰せずに数百kmにわたって伝播するため、E・F領域のプラズマ構造に電磁気的な相互関係があると予想されてきました。我々はFERIX（F-and E-Region Ionosphere Coupling Study）と呼ばれる統合観測を計画し、2004年と2007年に実施して（それぞれFERIX-1及び-2）電離圏内部に働く遠隔相互作用の検証を行ってきました。

図1に本観測の概念図を示します。E領域のFAI観測のため下部熱圏プロファイラーレーダー（LTPR）を山形県酒田市に設置し、MUレーダーからF領域FAIを観測することで、同一磁力線上に発生するFAIを同時に捉えます。MUレーダーの優れた観測機能と日本の地勢を活かしたセットアップになっています。このような観測が実施できる地点は、世界中でも他に例がなく、本研究を極めてユニークなものとしています。今回のFERIX-2観測では、MUレーダーとLTPRの両方にイメージング観測手法を導入し、2004年を上回る空間分解能を狙いました。さらにLTPRからの電波を新潟市西蒲区間瀬において同期受信することで、パースタティック・レーダー観測を実施しました。これによってE領域FAIの観測領域を拡大すると共に、2方向からのドップラー速度が観測できます。

図2と図3に、それぞれ2007年7月10日の同時時刻におけるMUレーダー（F領域）とLTPR（E領域）のFAIイメージング観測結果を示します。両者の比較を容易にするため、図2ではF領域の現象を磁力線に沿ってE領域高度にマッピングしています。F領域FAIは北西－南東に伸びる長い波面構造を示しますが、その内部にはいくつかの小領域が形成される様子が明らかになりました。F領域とE領域のFAIは空間的には相補的に分布していますが、時間とともにほぼ同じ速度で西方へ伝搬します。これらから、電離圏の分極電界の生成とそれによる電離圏の遠隔相互作用の一端を明らかにすることができました。

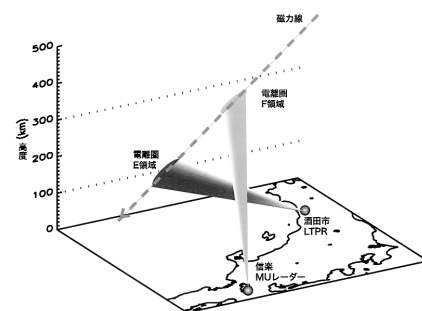


図1. FERIX観測の模式図。同一磁力線に沿う電離圏E・F領域を一気に観測する。

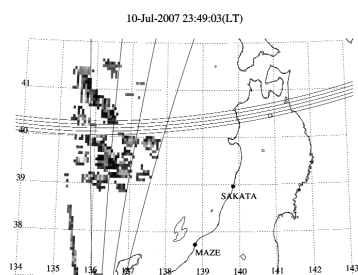


図2. MUレーダーによるF領域FAIイメージング観測結果（磁力線に沿ってE領域高度に投影したもの）

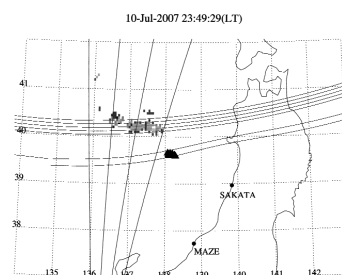


図3. LTPRによるE領域FAIイメージング観測結果